AIRES, ZHAireS y RASPASS: Cuentas y plantillas

Sergio Cabana Freire

27 de septiembre de 2022

Voy a recoger aquí las cuentas que vaya haciendo sobre la geometría de los programas. También incluiré algunas plantillas para input files y las normas que se me ocurran para nombrar ficheros de manera eficiente. Lo que sigue está pensado para AIRES 19.04.08 (22/Oct/2021) con la extensión ZHAireS 1.0.30a (30/Jun/2022), que incluye RASPASS[1]. Las diferencias con versiones anteriores estarán en la geometría (aunque los cálculos podrán adaptarse, simplemente fijando algunos parámetros que en RASPASS son libres) y en alguna tabla o instrucción IDL nueva, nada más.

Referencias importantes:
Página web de AIRES / ZHAireS. Documentación actualizada
Presentación de RASPASS. Matías Tueros, ARENA 2022

Índice

[1] *Raspass is an Aires Special Primary for Atmospheric Skimming Showers*. Primera sigla recursiva observada en la naturaleza.

1. Geometría en RASPASS

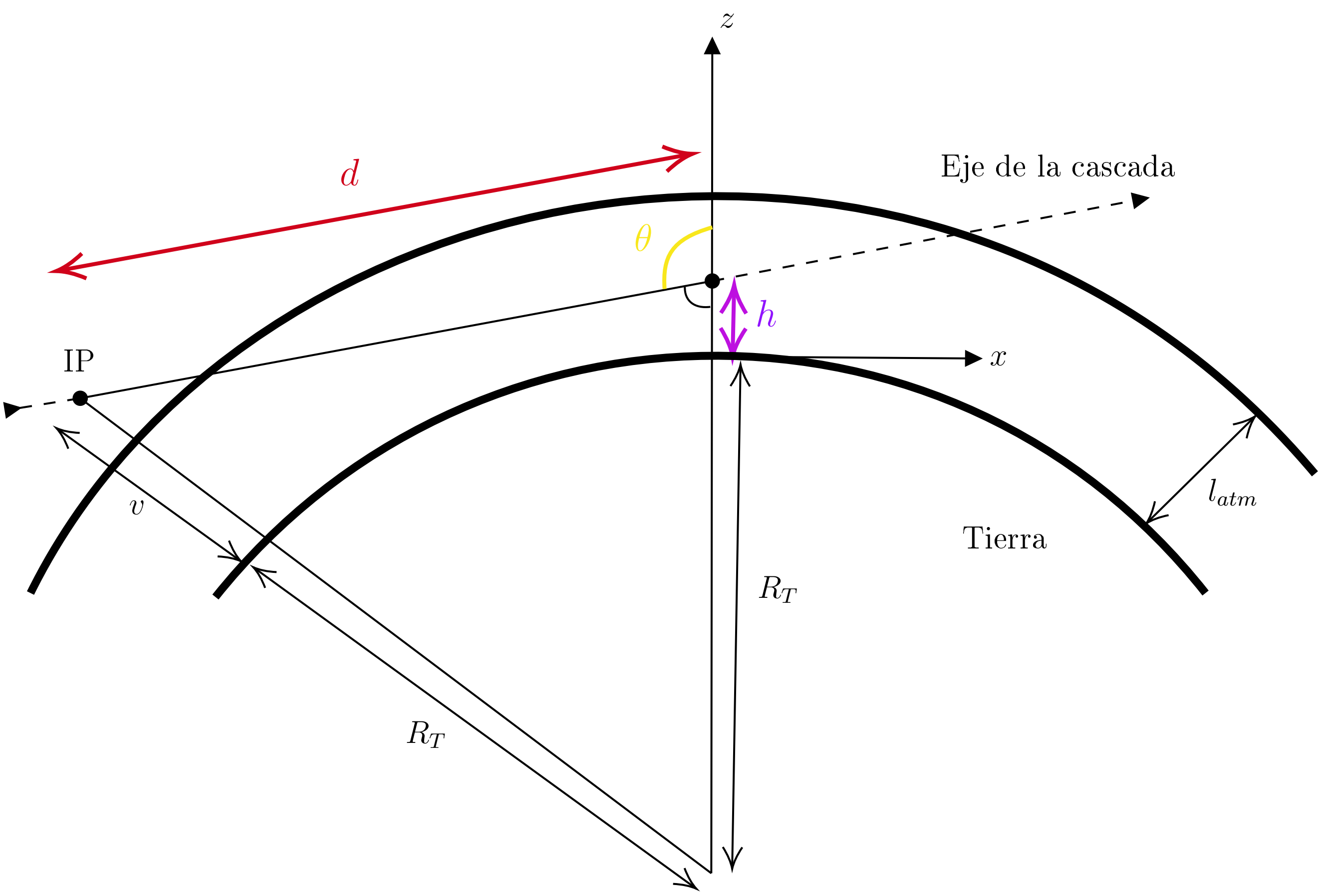

Figura 1.1: Esquema de la geometría en RASPASS

Tenemos tres parámetros para determinar la geometría en RASPASS:

- RASPASSDistance, d. Distancia a lo largo del eje desde el punto de inyección (IP) hasta la intersección con la vertical del observador.
- RASPASSHeight, h. Altura a la que pasa el eje de la cascada sobre la vertical del observador.
- PrimaryZenAngle, θ. Ángulo entre el eje de la cascada y la vertical del observador.

Esta geometría puede reducirse a casos más sencillos:

- Cascadas hacia abajo (normales): $h = 0$, $\theta < 90°$.
- Cascadas hacia arriba: $h = 0$, $d \leq 0$, $\theta > 90°$ (Inyección a nivel del suelo o por encima)

Todo lo que sigue es trigonometría sencilla[2]:

$$(R_T + v)^2 = (R_T + h)^2 + d^2 + 2d(R_T + h)\cos\theta \tag{1.1}$$

[2] $\sin(\pi - x) = \sin x$; $\cos(\pi - x) = -\cos x$

1.1. Altura del punto de inyección

Despejando de (1.1):

$$v = \sqrt{(R_T + h)^2 + d^2 + 2d(R_T + h)\cos\theta} - R_T \tag{1.2}$$

1.2. Valor de d en función de v (y demás parámetros RASPASS)

La ecuación (1.1) es una cuadrática en d:

$$d = -(R_T + h)\cos\theta + \sqrt{(R_T + h)^2\cos^2\theta - [h^2 - v^2 + 2R_T(h - v)]} \tag{1.3}$$

1.3. Altura en la atmósfera, H, en función de distancia recorrida a lo largo del eje desde IP

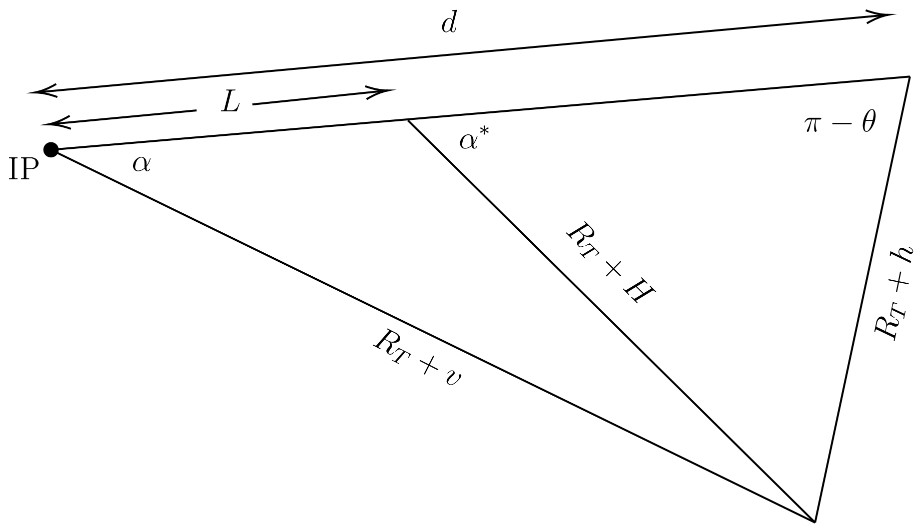

Figura 1.2: Detalle del triángulo en la Fig. 1.1.

Aplicando el teorema del coseno:

$$(R_T + H)^2 = (R_T + v)^2 + L^2 - 2L(R_T + v)\cos\alpha \tag{1.4}$$

$$H = \sqrt{(R_T + v)^2 + L^2 - 2L(R_T + v)\cos\alpha} - R_T \tag{1.5}$$

v puede obtenerse de los inputs de RASPASS (1.2). Falta calcular $\cos\alpha$. Aplicamos el teorema del seno y elevamos al cuadrado:

$$\frac{(R_T + h)^2}{1 - \cos^2\alpha} = \frac{(R_T + v)^2}{\sin^2(\pi - \theta)} = \frac{(R_T + v)^2}{\sin^2\theta} \tag{1.6}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{R_T+h}{R_T+v}\right)^2\sin^2\theta} \tag{1.7}$$

Las ecuaciones (1.5) y (1.7) forman el resultado.

1.4. Materia atravesada en función de distancia recorrida a lo largo del eje desde IP

La cantidad de materia atravesada es:

$$X(L)\ \left[\mathrm{g/cm^2}\right] = \int_0^L \rho(H(l))dl \tag{1.8}$$

donde dl es el elemento de línea a lo largo del eje. Es fácil ver que, al avanzar a lo largo del eje una distancia dl, la altura cambia en:

$$dH = \pm dl\cos\alpha(H)^* = \mathrm{sgn}\left(\frac{\delta H}{\delta l}\right) dl\cos\alpha(H)^* \tag{1.9}$$

donde α^* es el ángulo cenital *local*, i.e., entre una distancia recorrida L y $L+dl$ (Fig. 1.2). El signo depende de si la altura aumenta o disminuye según avanzamos. Planteando el teorema del seno como en (1.6), es inmediato llegar a que[3]:

$$X(L) = \int_v^{H(L)} \mathrm{sgn}\left(\frac{\delta H'}{\delta l}\right)\rho(H')\frac{dH'}{\sqrt{1-\left(\frac{R_T+h}{R_T+H'}\right)^2\sin^2\theta}} \tag{1.10}$$

Puede que haya que tener cuidado con el hecho de que $H(L)$ decrece y luego vuelve a crecer en cascadas estratosféricas, y el signo cambia. En ese caso:

$$X(L) = \int_{H_{min}}^{v}\rho(H')\frac{H'}{\cos\alpha(H')^*} + \int_{H_{min}}^{H(L)}\rho(H')\frac{dH'}{\cos\alpha(H')^*} \tag{1.11}$$

[3] Ojo, el cambio de variable va con el *valor absoluto* del determinante jacobiano en la integral. El hecho de meter el signo se debe a que X debe ser una magnitud estrictamente positiva.